

*Brauer, Hartmut; Kosch, Olaf; Ziolkowski, Marek; Tenner, Uwe; Haueisen, Jens;  
Nowak, Hannes; Leder, Uwe:*

## **Rekonstruktion ausgedehnter Stromquellen in einem Thoraxphantom mit Hilfe biomagnetischer Feldmessungen**

<i>Zuerst erschienen in:</i>	Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 43 (1998), s1, S. 228-229.
<i>Erstveröffentlichung:</i>	1998
<i>Datum Digitalisierung:</i>	23.10.2009
<i>ISSN (online):</i>	1862-278X
<i>ISSN (print):</i>	0013-5585
<i>DOI:</i>	<a href="https://doi.org/10.1515/bmte.1998.43.s1.228">10.1515/bmte.1998.43.s1.228</a>
<i>[Zuletzt gesehen:</i>	31.07.2019]

*„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“*

*“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”*

*„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“*

*„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“*



# Rekonstruktion ausgedehnter Stromquellen in einem Thoraxphantom mit Hilfe biomagnetischer Feldmessungen

Brauer, H.<sup>1</sup>, Kosch, O.<sup>1</sup>, Ziolkowski, M.<sup>1,2</sup>, Tenner, U.<sup>3</sup>, Haueisen, J.<sup>4</sup>, Nowak, H.<sup>4</sup>, Leder, U.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Ilmenau, Institut f. Allgemeine u. Theoretische Elektrotechnik, D-98684 Ilmenau

<sup>2</sup> Technical University of Szczecin, Chair of Theoretical Electrotechnics and Computer Science, PL-70310 Szczecin

<sup>3</sup> Universität Ulm, Zentralinstitut f. Biomedizinische Technik, D-89069 Ulm

<sup>4</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Biomagnetisches Zentrum, D-07740 Jena

<sup>5</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Klinik f. Innere Medizin III, D-07740 Jena

## EINLEITUNG

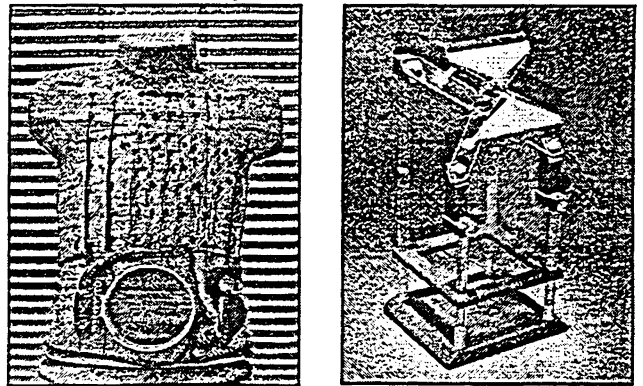
Das biomagnetische Meßverfahren ist geeignet, anhand von Messungen der magnetischen Felder des Herzens bzw. des Gehirns auf nichtinvasivem Wege Informationen über den Zustand von elektrisch aktiven Organen zu liefern. Die diagnostische Interpretation dieser Meßdaten durch den Kliniker erfordert die Lösung eines inversen Feldproblems, wobei das Ziel darin besteht, anhand der Magnetfeldmessungen am Körper die Stromdichteverteilungen im Herzmuskel (bzw. im Gehirn) zu rekonstruieren. Infolge verbesserter Techniken für die Modellierung dieser Felder besteht ein Bedarf an geeigneten Rekonstruktionsverfahren, die insbesondere in der Lage sind, flächenhafte oder im Raum verteilte Stromquellen zu lokalisieren bzw. zu rekonstruieren. Eine Verifizierung bzw. Validierung derartiger Methoden ist bisher nur mit Hilfe von Computersimulationen möglich, die dann jedoch vergleichbare Fehlerquellen aufweisen.

Wir haben ein physikalisches Thoraxphantom entwickelt, das geeignet ist, sowohl die Verfahren für die Ermittlung diffuser Stromquellen im Herzen zu testen als auch deren Modifizierung und Weiterentwicklung zu unterstützen. Verschiedene Stromdipolanordnungen sowie neuartige Modelle für flächenhaft verteilte Stromquellen verbunden mit einer speziellen Ansteuerelektronik ermöglichen die Generierung von stationären magnetischen und elektrischen Feldern unter wohldefinierten Bedingungen. Die resultierenden Magnetfelder wurden mit dem Philips Doppel-Dewar-SQUID-System (2x31 Meßkanäle) im Biomagnetischen Zentrum der FSU Jena aufgenommen. Die zusätzliche Ausstattung des Phantoms mit insgesamt 138 Oberflächenelektroden ermöglicht darüber hinaus die Registrierung von Body-Surface-Potential-Maps (BSPM).

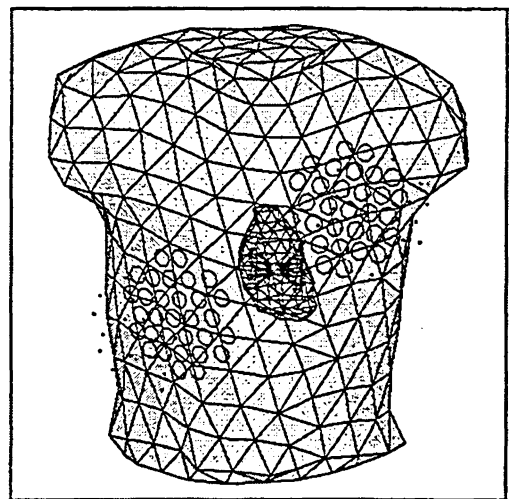
Der Beitrag beschreibt die Rekonstruktion von Stromdipolarrays bzw. von flächenhaft verteilten Stromquellen, die in unterschiedlichen Positionen im physikalischen Thoraxphantom platziert wurden. Als Grundlage dienen simulierte (exakte) Daten, verrauschte Simulationsdaten sowie am homogenen Phantom gemessene Daten.

## METHODE

Magnet - Resonanz - Tomographie (MRT) Aufnahmen vom Phantom (Bild 1) erlauben eine weitgehend anatomiegerechte Rekonstruktion des Volumenleiters (Bild 2) als Grundlage für die numerische Feldmodellierung mittels der Boundary-Element-Methode (BEM).



*Bild 1: Thoraxphantom (links) und ein Modell einer flächenhaft ausgedehnten Stromquelle (rechts), montiert für den Einsatz im homogenen Phantom*



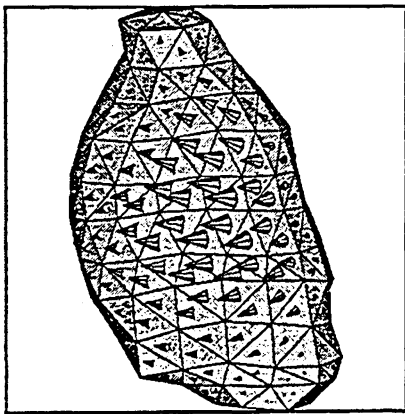
*Bild 2: BEM-Modell des Thoraxphantoms mit den 2x31 Magnetfeldsensoren in Meßposition und ausgedehntem Stromquellenmodell innerhalb des Herzvolumens*

Ein physikalisches Modell einer flächenhaft ausgedehnten Stromquelle wurde in ungefährer Herzposition im Phantom fixiert, das resultierende Magnetfeld gemessen und äquivalent im Computermodell simuliert.

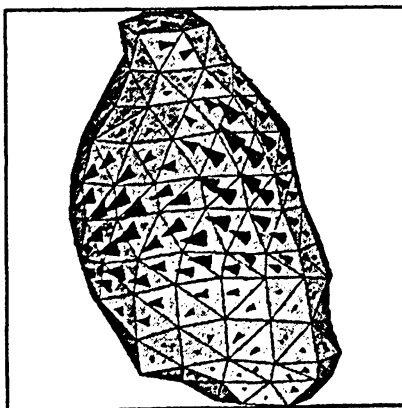
Anhand der gemessenen und simulierten Magnetfelddaten wurden dann die jeweils äquivalenten Stromverteilungen auf einer (fiktiven) Herzoberfläche rekonstruiert.

## ERGEBNISSE

Zur Lösung dieses inversen Feldproblems (Rekonstruktion der Stromquellen aus den Magnetfelddaten) wurden verschiedene Minimum-Norm-Verfahren angewendet. Dabei wurde insbesondere untersucht, in welchem Maße die verwendeten Meßdaten die Rekonstruktion der Quellenausdehnung beeinflussen. Es wird untersucht, ob es gelingt, bei Verwendung der 62 magnetischen Kanäle in der vorgegebenen Konstellation ausgedehnte Stromquellenkonfigurationen zu rekonstruieren. Die Bilder 3 und 4 zeigen Resultate der Rekonstruktion von Stromdipolverteilungen auf der (angenommenen) Herzoberfläche, wenn simulierte bzw. gemessene Magnetfeldwerte zugrunde gelegt werden. Es zeigen sich deutliche Abweichungen zu den Stromverteilungen für fokale Quellen.

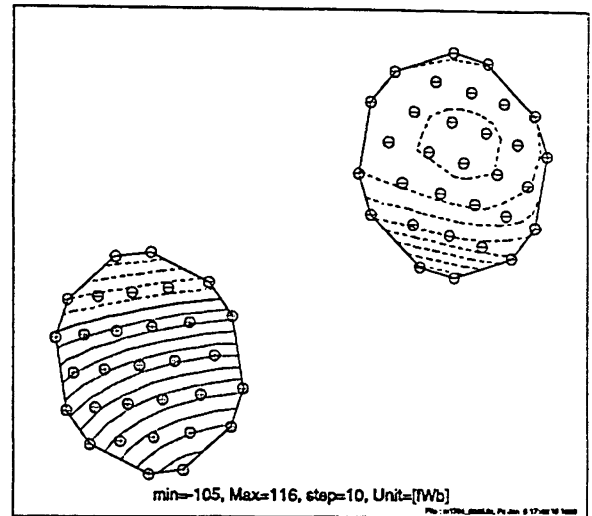


**Bild 3:** Rekonstruierte Stromdipolverteilung auf der Herzoberfläche bei Verwendung von simulierten Magnetfelddaten der ausgedehnten Quelle

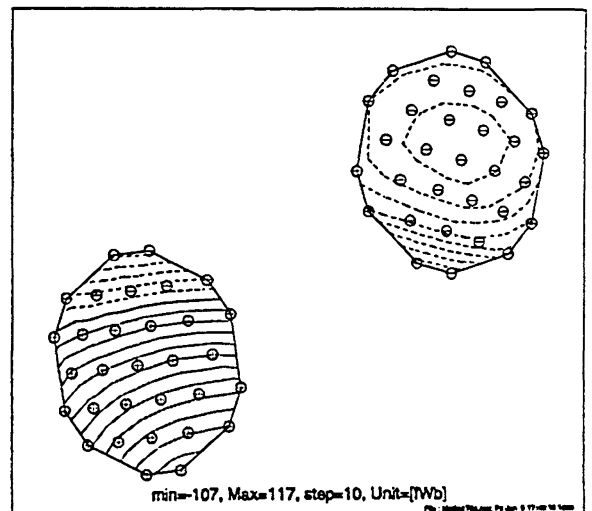


**Bild 4:** Rekonstruierte Stromdipolverteilung auf der Herzoberfläche bei Verwendung von gemessenen Magnetfelddaten der ausgedehnten Quelle

Vergleichbar geringe Abweichungen ergeben sich auch bei den Magnetfeldverteilungen in der Sensorpositionen.



**Bild 5:** Rekonstruiertes Magnetfeld von der Stromdichteverteilung auf der Herzoberfläche



**Bild 6:** Gemessenes Magnetfeld der ausgedehnten Stromquelle im Thoraxphantom

## SCHLUßFOLGERUNGEN

Es hat sich gezeigt, daß dieses physikalische Thoraxphantom ein geeignetes Hilfsmittel für die Kalibrierung und Testung von MKG- (und BSPM-) Systemen sein kann.

Die vorgestellte ausgedehnte Stromquelle versetzt uns in der Kombination mit dem Phantom in die Lage, die numerischen Rekonstruktionsverfahren für räumlich ausgedehnte Stromquellen zu verifizieren. Bei entsprechender Weiterentwicklung der physikalischen Modelle wird es damit möglich sein, die verschiedenen magnetischen (MKG) und elektrischen (BSPM) Meßsysteme auch zu validieren. Derartige Untersuchungen müssen jedoch einer möglichst multizentrischen Studie vorbehalten bleiben, in die nach Möglichkeit alle kardiologischen Einrichtungen einbezogen werden sollten, die magnetokardiografische Messungen durchführen.